

溪流資源増大技術開発事業 平成 23 年度事業報告書

課題名 6. 漁協が実施可能な資源評価マニュアルの作成

独立行政法人 水産総合研究センター
北海道区水産研究所 さけます資源部 繁殖保全グループ

本課題の目的と本年度の結果概要

本課題は、溪流魚資源保全技術の効果を検証するため、漁協が実施可能なモニタリング調査手法を開発し、そのマニュアルを編纂することを目的としており、これまでに個体数の推定方法(平成 20 年度)、漁獲量の推定方法(平成 21 年度)、再生産状況の調査方法(平成 22 年度)についてとりまとめ、本年度は増殖効果の評価法についてとりまとめた。

各漁協の管理する河川で漁協がこれまで実施している増殖手法や、あるいは本事業により開発されつつある溪流資源の増大技術を実際に行った際、それがどれくらいの効果を上げているのかを漁協自らが調べることは、「自分たちの川」と漁協を取り巻く状況をよく理解することに繋がり、ひいては持続的な漁協運営やより健全な、そして多くの人に愛される漁協に変貌していくためのきわめて基本的な事項であると考えられる。

そこで、本年度の報告では、これまで 3 カ年に作成した調査方法の応用を目指し、漁協が特に実施したいであろうと考えられる増殖手法の効果判定方法をいくつか選び出してその手法を紹介し、現場での活用を促すことを念頭に置いてわかりやすい内容のマニュアルの作成を試みた。

平成 23 年度事業実施結果

0. 増殖効果の評価の必要性 一序にかえて一

本課題は、溪流魚資源保全技術の効果を検証するため、漁協が実施可能なモニタリング調査手法を開発し、そのマニュアルを編纂することを目的としており、これまでに個体数の推定方法(平成 20 年度)、漁獲量の推定方法(平成 21 年度)、再生産状況の調査方法(平成 22 年度)についてとりまとめ、本年度は増殖効果の評価法についてとりまとめた。

各漁協の管理する河川で漁協がこれまで実施している増殖手法、あるいは本事業により開発されつつある溪流資源の増大技術を実際に行った際、それがどれくらいの効果を上げているのかを漁協自らが調べることは、「自分たちの川」と漁協を取り巻く状況をよく理解することに繋がり、ひいては持続的な漁協運営やより健全な、そして多くの人に愛される漁協に変貌していくためのきわめて基本的な事項であると考えられる。ただ魚さえ放せばいいといった考え方では、実際に放流された魚がどれくらい生き残り、どれくらい成長して、どれだけ釣られて遊漁者に笑顔を与え、そしてさらに生き残ったものがどれだけ再生産に貢献しているか把握できない。河川環境が良好で魚が豊富だった時代にはそれでもよかったかもしれないが、現在では放っておいてよくなることは稀です(状況をよく理解した上で自然に任せると言うこととは似ていても大きく異なる)。

そこで、本年度の報告では、これまで 3 カ年に作成した調査方法をベースにこれを応用し、特に漁協にとって自分たちの漁場の状態をすぐにも調べることができるよう、なるべく実践的で具体的かつ簡便な調査マニュアルの作成を心がけた。そのため詳細については過去の報告を参照されたい。

また、各調査方法を実施する上で、河川規模(形状)にあった適切な調査方法を選ぶ一助となるよう、末尾に河川の写真とその場にあった調査方法を参考資料として簡単にまとめて示した。

0.1 本報告で用いた調査法

調査対象となる魚のサイズ(生活史段階)、または調査区域ごとに実施可能な調査方法の簡易早見表を示した(表 1)。この表では横軸に調査方法、縦軸に河川のどのような場所での調査が向いているか(左列)と対象となる魚の生活史レベル(右列)を示した。また、利用、実施のしやすさ、適応性から◎、○、△の三段階に区分し、見やすく整理した。無印(網掛け部分)は河川規模と調査方法の不適合(たとえば川幅 5m 未満の源流域では水深が浅くて潜水できないなど)や対象サイズとの不適合である場合を示した。調査員の熟練度合いによって、あるいは河川規模もその場所の環境に応じて最適な調査方法が異なってくる場合があることをあらかじめお断りしておく。

本報告では右列の太字で示した方法による増殖効果の評価法を中心に記載した。エレクトリックショッカーを用いた調査法は本事業の趣旨からここでは扱っていない。

1. 放流効果を調べる

まずなんと言っても川に魚がしっかりと根付いていることが漁協にとっては重要なことで、釣りにより減耗した資源を補填するため、多くは魚の放流という形を取って資源の造

表1 調査流域と対象魚別の調査方法早見表

この表の見方: 横軸に調査方法、縦に河川のどのような場所での調査が向いているか(左列)と対象となる魚の生活史レベル(右列)を示した。◎:最適と思われる方法、○:適当と思われる方法、△:やや煩雑、あるいはむづかしいと思われる方法、または他に適当な方法で調査できない場合など、無印(網掛け部分):不適な方法。

本報告では右列の太字で示した方法による増殖効果の評価法を中心に記載した。エレクトリックショッカーを用いた調査法は本事業の趣旨からここでは扱っていない。

			場 所				対 象					
			本流 (20-30m)	支流 (10-20m)	支流 (5-10m)	支沢 (5m未満)	産卵床	成熟親魚	成魚	幼魚	稚魚	発眼卵
方 法	潜水目視	直接計数	○	○	△			○	○	○	○	
		標識率からの推定	○	○	△			○	○	△	△	
		発見率からの推定	○	○	△			○	○	○	△	
	投網採集	除去法		△	○	○				○	○	
		標識再捕		△	○	○				○	○	
	さで網 (たも網)	1回採集	△	○	○	○					○	
		2回除去	△	○	△	△					○	
	トラップ	直接計数				◎		○			○	
	釣り調査	釣獲率 (CPUE)	◎	◎	◎	◎			◎	○	△	
		標識率からの推定	○	○	○	○			△	△	△	
	陸上目視	直接計数		◎	◎	◎	◎	○	△		△	
	掘り返し	直接計数	△	○	○	◎						◎

成を行ってきた。放流に際しては魚の生活史段階(あるいは成長段階)ごとに、稚魚放流、幼魚放流、成魚放流などがあり、近年ではなるべく経費をかけず効率的に増殖を行い、より自然な魚を増やすために、発眼卵の埋没や、人工産卵場の造成といった手法も行われるようになってきている。

1.1 稚魚放流の効果を調べる－稚魚の生息数を調べる－

浮上して1・2ヶ月の稚魚の放流は単価が安いことなどから多く実施されますが、漁獲可能なサイズ(多くは全長15cm)に達するには1年以上の時間がかかります。その間の生き残りがどれくらいかということは漁協さんにとっては大変興味があると思います。

稚魚は放流後徐々に成長しながら自発的に降下移動し、放流後約1ヶ月位までに分散して定着するので、分布状況(生息密度なども)を調べるのであれば放流後一ヶ月を経過した頃以降に行うのがよい。放流後の定着状況を調査するには河川形状にも、稚魚の成長具合にもよるが、以下の方法が考えられる。

投網をかぶせて採集する

具体的方法：二人で網裾の一部を持ち、上流に向かって岸沿いに網を広げて、ほぼ広がったところで網を落として魚を捕る(図1)。網をしぼるときは下流側に向かってしぼるようにする。上流側に向かってしぼると網裾が流れのために浮いてしまい、底から魚が逃げる。しぼりながら魚を裾の袋部分に落とし込んでしまえばもう逃げることはない。取り上げる際は網裾をしっかりと閉じてから行う。中途半端な閉じ方だと袋に入っていなかった魚を取り損ねる。このような取り方で、調査区間の下流側から上流端までを順次採集を行っていく。途中で大きな石など隠れ場所となりそうな場所がある場合には手や足で魚を追い出して採集する。調査区間は川の流況(瀬淵構造)をみながら瀬と淵を組み合わせた単位で設定し、調査中に区間外への魚の移動があまりできないよう、上端を淵にするとよい。下端は瀬から始めると瀬淵がセットで含まれる(図2)。調査区間には目印をつけておくか、野帳に記録しておく。増水などで河川形状が変化した場合でも比較しやすいように川幅と区間の長さ(採集面積)を計測しておくとうい。川幅は調査区間が長くて(50m以上)変化が大きい場合は約10mごとに測定して平均値を求める。それ以下の場合やあまり川幅に変化のみられない場合は上下端と中間の3点くらいで川幅を測定する。

放流された稚魚は一部は上流へ向かって移動分散するものもあるが多くは下流へ移動し分布域を広げる。そのため調査はなるべく放流場所から下流の区域で行う。川幅、水深、水量などによって調査方法も変わってくるが稚魚が分布する支流(川幅5m以下、水深30cm程度で、大きな石や倒木などが無い平瀬、瀬のような場所)であれば投網を複数名でかぶせるが有効である。

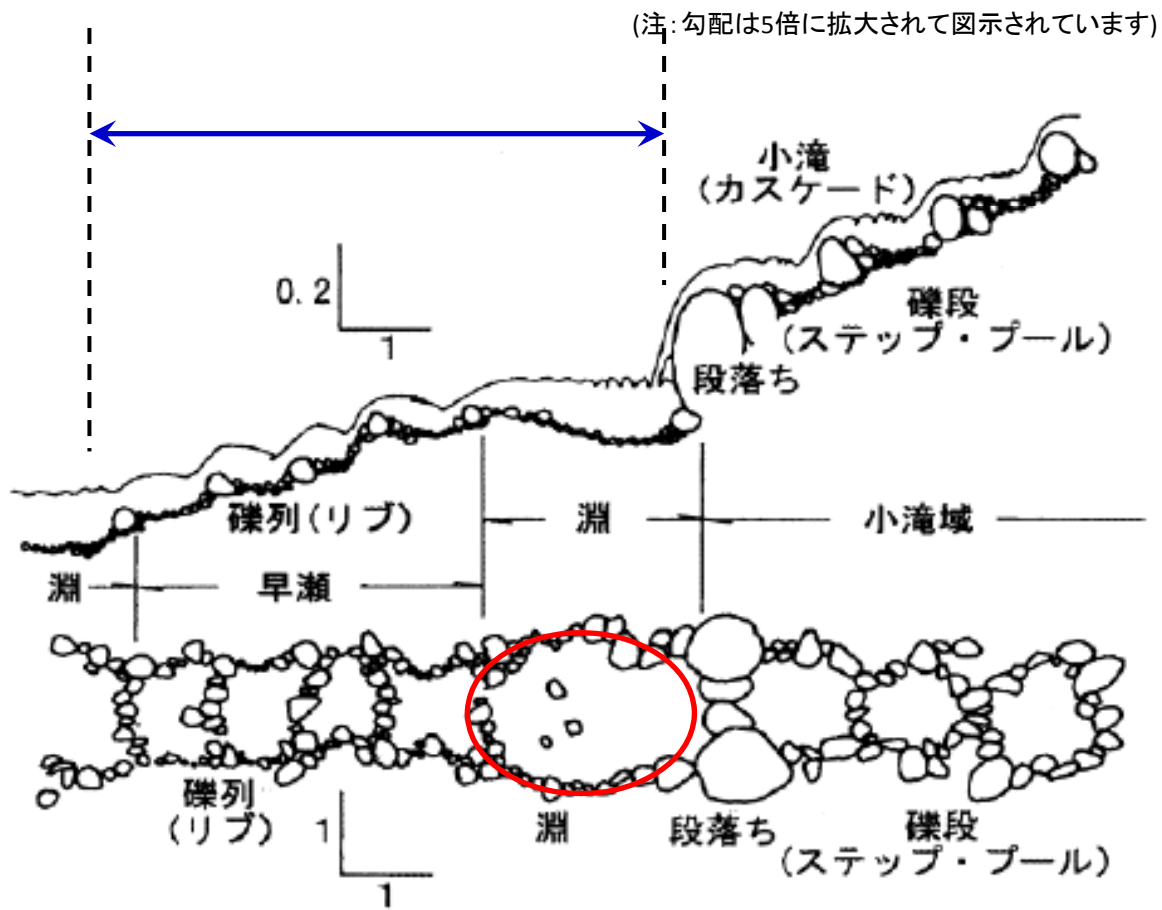
生息数の推定には除去法あるいは標識再捕法を用いる(→推定方法を参照)。除去法の場合は1回の調査実施時に時間をおいて2回目(場合によっては3回目も)の採集を行う必要がある。標識再捕法の場合は標識放流を行った後数日間から再度同じように採集する。

潜水目視で計数する

具体的方法：稚魚の分布場所は浅くて流れの緩い場所や岸沿いの草の茂っている場所等



図1 河川の状況に応じた調査法の選定あまり深くなく、倒木、沈木の少ない場所では投網をかぶせる漁法が向いている(上図)。本流の平瀬など広くて石の多い場所で、一定の深さがあれば潜水目視、あまり深くなければショッカーかまたは投網をかぶせる方法が向いている深みや倒木、沈木の多い場所では投網をかぶせる漁法不向き(下図、ショッカーか潜水目視が向いている)



長谷川(2005)より転載して加筆

図2 河川形状図。淵と瀬の組み合わせ(矢印区間)を複数含む区間で調査を行う。瀬の部分で網が使えない場合は淵のみで行う(赤丸囲み)。淵では潜水観察法も有効。淵だけの場合は淵の大きさ(幅、長さ)を記録しておく

が多いので、特に水深が浅い場合には潜水調査での計数は困難になる場合もある。膝程度の深さがあれば何とか観察は可能。区域を決めて計数していく。場所によっては小さな流れの弱い淵や瀬などで群泳している場合もある。そのようなときは 10-20 尾程度の塊で数えてもよい。

生息数の推定には計数した数をそのまま用いる。標識率からの推定は、稚魚のサイズが小さく、標識魚の識別に熟練を要するので容易ではない。観察者の稚魚発見率がわかっているれば、それを用いて補正することもできる。観察した範囲の面積(幅 x 長さ)や位置も併せて記録しておく。

トラップで捕まえる

具体的方法：トラップは受動(待ち受け)漁具なので、魚が流されなかったり、積極的に移動しない場合にはうまく採捕できないが、図 3 のように人工産卵場などの細流から流れ出てくる稚魚を採集するのには向いている。増水による流失や、ごみ、落ち葉などが詰まったりしないよう注意が必要。また、遊泳力のない稚魚を「閉じこめて」おくのでトラップの中に流速の小さな場所を作るよう心がける。図 4 の写真のようなフレーム枠のトラップを河床に固定して使ったり、(プランクトンネットのような)吹き流し状の網を杭に引っかけて採集したりする。トラップの網目は 5mm 以下が望ましい。細かすぎるとゴミが増えるが、大きくすると稚魚が抜けたり、目がかりして死んでしまうケースも生じる。

浮上後の稚魚は日没後真夜中までの間に大部分が流下する。浮上時期に夕方トラップをかけて、朝方確認するのが労力的には楽。夜間作業では危険が増えるのでなるべく避けた方がよい。実施する場合は十分安全を確保して行う。トラップ部分を照明などで明るくしていると、その部分をさけて稚魚が降下するおそれがあるので、照明を使う際はトラップの点検確認作業時等必要最小限にとどめた方がよい。

人工産卵場などの二次流路で産卵場から降下しないで残っている稚魚がいることも予想されるので、これらについてはトラップを仕掛けたまま人工産卵場の上端区間から下流へ仕切り網などを用いて魚を追って寄せていき、トラップへ追い込んで採集し計数する。稚魚が捕れなくなるまで繰り返してもいいが、時間、労力を省きたいときは 2 回採集し、それぞれの回の採集尾数を基に除去法の算定式(後述)を用いて残っていた魚の数を推定する。

生息数(降下稚魚数)の推定は、降下稚魚がすべて採集できるように流路を仕切っている場合にはそのままトラップに入った個体数とする。流れの全部をしきっていない場合はトラップを通過する水量とそのまま流れる水量の比を使って補正する。

1.2 幼魚放流の効果を調べる－幼魚の生息数を調べる－

幼魚段階になった魚は稚魚時よりも下流の川幅の広い場所や流れのある場所を好むようになるので、このような場所での調査が中心となる。幼魚放流魚の生息数も基本的には稚魚放流魚の場合と同じく潜水目視調査や投網で、加えて釣りによる調査も可能となる。

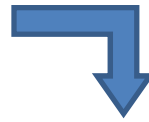
また、稚魚調査を行った区域で継続して調査を行うことで、稚魚放流魚の移動分散、成長の比較なども可能となります。以下にその具体的な方法を記載する。

投網をかぶせて採集する

具体的方法：稚魚の場合と基本的に同じ要領で実施する。目合いはすこし大きくして 21



男鹿川支流(おじか・きぬ漁協)の人工産卵場



上下を礫列で挟まれた区間に投網をかぶせる方法が有効

図3 浮上稚魚数を調べる。場所によっては投網をかぶせる方法でも効果的に稚魚の採集ができる。



図4 浮上稚魚捕獲用トラップ(神坂溪流)。人工産卵場などからの浮上稚魚なら左写真のようなトラップも有効。

節程度の網を使用する。幼魚はすでにある程度の遊泳力を持っているため瀬や平瀬にも分布域を広げていて、調査は本支流の広い範囲で行うことができる。生息密度の季節的な変化を継続して調査する場合には同じ場所の同じ調査区間で同じ方法で行うことが望ましいが、生息密度(単位面積あたりの生息数)に換算する場合は、調査した区間の面積(幅 x 長さ)を求めておくと、すこしの調査区間のずれは問題ない。川幅が 5m を越えるようになると投網で川幅全体を覆うことができなくなるので、河川の状態を見ながらかぶせていく方法を採用。10m を越える河川ではこの方法で定量的な採集は難しい。採集範囲も稚魚採集の場合と同程度(数 10m の区間)は取りたい。

生息数の推定：幼魚放流魚のみの尾数を調べるのであれば、放流の際にあらかじめ鰭を切るなどの標識を施した魚をある程度混ぜておくと、採集した魚の中の標識魚の割合から幼魚放流魚の生息数が推定できる(→**標識再捕法を参照**)。あるいはすこし時間を空けて採集を 2 回繰り返す、2 回除去法を用いて推定する(→**除去法を参照**)。

潜水目視で計数する

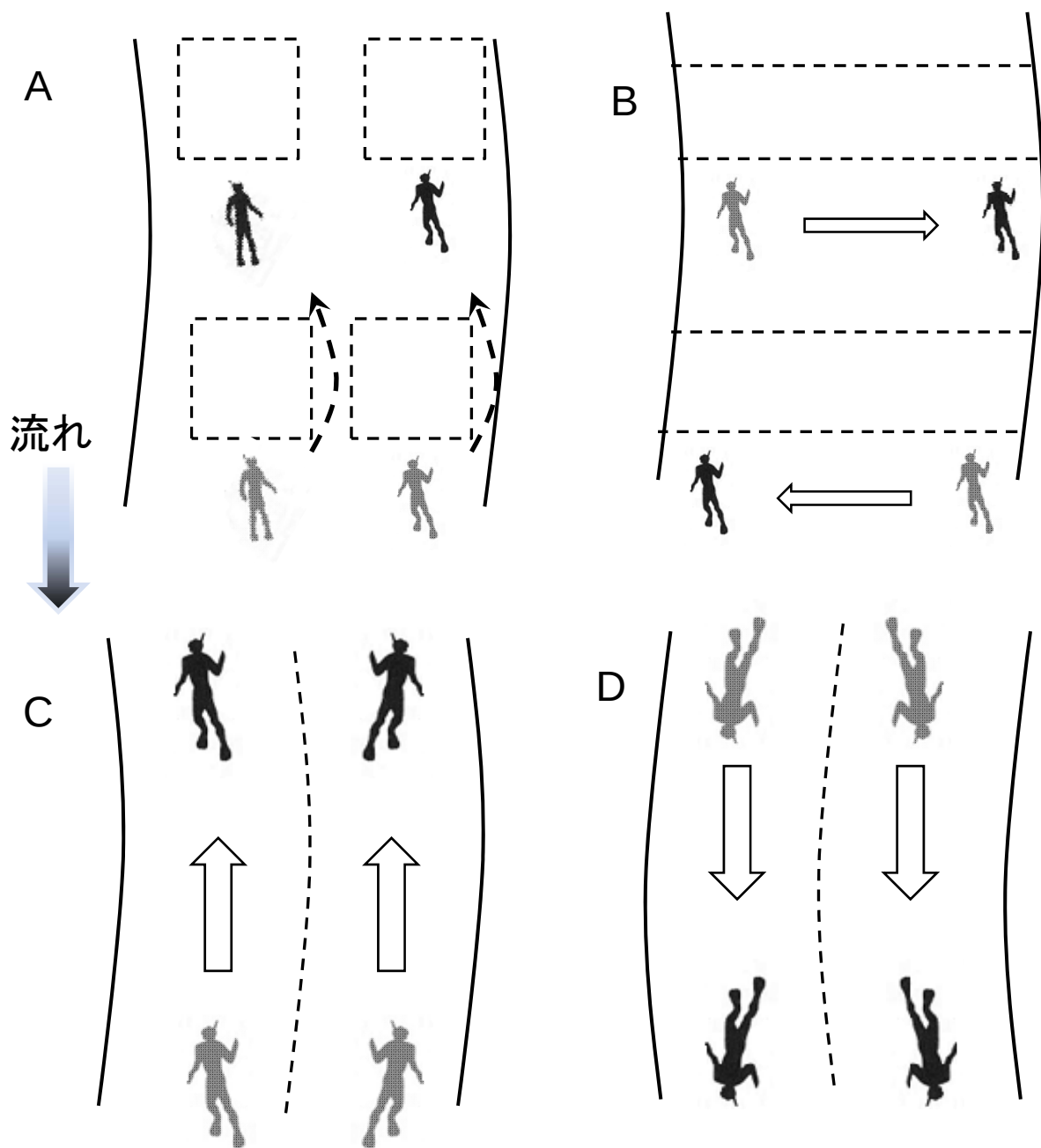
具体的方法：稚魚よりもやや深くて広い水域に分布しているので、それらの場所で観察区間を設定し、潜水観察で幼魚を計数する。潜水観察の要領は図 5 に示した。濁りが生じた場合などは発見率が低下するだけでなく、分布している魚が移動することもあると考えられるので、なるべく透明度が一定以上に保たれている時に行う。

生息数の推定には計数した魚の数をそのまま用いてもよいが見落としがあれば過小評価される。そのため、あらかじめ既知の尾数の(標識)幼魚を放流し、広い範囲に分散する前に放流場所付近で潜水観察を行って標識魚の発見率を調べておけば、それを利用して計数した値を補正することができる(→**発見率からの推定参照**)。その際には放流魚がそのまま放流場所周辺にとどまっていることが前提となる。標識として鰭切除を行う場合は脂鰭か尾鰭が望ましい(→**鰭切除標識参照**)。腹鰭や胸鰭などの対鰭は左右両側から確認しないといけないが、その他の不對鰭はどちらか一方からの観察で判定できる。幼魚放流の前に稚魚放流由来、あるいは自然再生産由来の幼魚が分布するようであれば放流前にも同じ調査を実施し、放流後の生息数と比較することができる。

釣り調査

具体的方法：幼魚の時期になると季節的にも活発に摂餌し、釣りによる調査もできるようになる。幼魚がどれくらいいるかという絶対数の把握は難しいが、単位漁獲努力あたりの釣獲数(CPUE)のデータは得られる。ただし、釣った魚が死亡すると漁場の魚が減ることになるので、魚の扱いは慎重にして再放流を心がける必要がある。また、釣りとはいえども 15cm 未満の幼魚なので、特別採捕許可も必要になるし、解禁時に行っていると周りの遊漁者からあやしい目で見られかねない。いずれにせよ、禁漁区で行う場合にも、調査であることがわかるような服装を心がける。釣り調査員の技量によって釣られる魚の尾数に大きく差が出る場合もあるので、釣り調査員にはある程度一定のレベルの腕前の人をそろえておくことも重要と考えられる。

生息数の推定については正確な数の把握は難しいが、先述の通り CPUE(例えば 1 人、1 時間あたりに換算した釣獲数)としてのデータは得られるので、時期を変えれば季節変化、



(丸山・石田 1990)を改図

図5 潜水目視調査の実施要領 A: 淵単位で観察し、魚を計数する。B: 川幅の広い川で横断的に観察していく。C: 余り広くない川を左右に分かれて遡上しながら観察する。D: Cとは逆に川を流れながら上流から観察しながら流れる。潜水調査上の安全確保の観点から複数で潜るか、陸上観察者(補助者)を同行させる。

場所を変えれば川による差異、毎年行えば経年変化に関する情報が得られる。

1.3 成魚放流の効果を調べる－釣られた魚、釣れ残った魚の数を調べる－

成魚放流の場合は本流の特設釣り場等への放流が中心となり網を用いた調査方法では採集は難しい。また、放流後特設釣り場が解禁されると多くの場合はほとんどが釣られてしまう。成魚放流の目的は遊漁者にすぐに釣ってもらうためのものなので、釣られた数を調べることでその効果を確かめることになる。

釣り調査：成魚放流後の解禁期間に特設釣り場を訪れる釣り人から釣った尾数を聞き取る(びく調査、少なくとも 10 人くらいから聞き取る)。特設釣り場に來た人の人数が特設遊漁券の発行枚数からわかればそれを用いて平均釣獲尾数とかけ算すると釣り上げられた数がおおよそ把握できる。日毎に一人あたりの釣獲数が少なくなることが考えられるので、日毎に計算するとより正確な値に近づく。遊漁券発行枚数データが利用できないときは、時間を決めて漁場で釣りをしている人数を計数し、遊漁者数とする。

1 日あたりの釣獲数＝遊漁者数(日別)× 平均釣獲尾数(日別)

を累積して全体の釣獲数を推定する。

潜水目視－残った魚の数から釣られた魚を推定する－：特設釣り場の開設が終わった時点でどれだけの(放流した)魚が残っているかを調べ、放流数との差から釣られた魚の数を推定する。放流し釣られずに残った魚は大きな増水でもない限り放流場所付近にとどまっているものと考えられる。この方法による推定は、調査区間(放流場所)の状況にもよるが本流であることが多いので、潜水目視観察以外の方法ではむづかしい。釣れ残った魚は再生産に寄与することも考えられる。

1.4 成熟親魚の数を調べる

潜水目視観察：成熟親魚は支流や源流近くの産卵場へ移動するので、移動が始まれば潜水目視観察は困難になる。産卵場への移動前ならば、成熟の始まりかけた個体を本流や深みで観察することは可能。生息数は基本的に計数した数をそのまま当てはめることになる。毎年同じ場所で、同じ時期に観察するとそれぞれの親魚数の年変動傾向がわかる。

トラップで採集する：人工産卵場が設置されている 2 次流路の流出口にトラップをおいて、産卵のために遡上する親魚を捕獲して計数する。

陸上から観察する：産卵しそうな区域を産卵時期に一定間隔で歩いたり、橋の上などから観察する。絶対数の把握は難しいが、毎年の傾向は把握できる。産卵床を数えに行く時期を決める判断材料としても有効。

1.5 産卵床の数を数える

人工産卵場内の産卵床を数える：人工産卵床内での産卵床は限られた区域内なので計数も簡単。ただし、重複する場合があるので、まめに観察を行い、産卵床に目印をつけておく。産卵日がわかればそれも記載しておく、浮上時期が推定できる。

産卵場所を歩いて観察する：人工産卵床とは違って、広い範囲を歩いて観察する必要がある。しかし、毎年観察を行っているとおよその産卵する場所はわかるので、そのような

場所を集中的に観察すると効率的である。産卵床には人工産卵床の場合と同様目印をつけておく。また、位置を記録するため、一定間隔毎に川岸の樹木などに目印をつけておくと、産卵場所の記録、整理を行う上で便利である。

1.6 発眼卵の数を調べる

掘り返しによる直接計数：産卵床内の卵数を計数するには掘り起こす方法が有効。ただし、産卵後早い段階では衝撃に対して弱く、掘り返し等により死亡率が高まるので、衝撃や光に対してある程度抵抗力を持つ発眼期以降に行う。発眼期は魚種毎に異なっているが、積算水温でおおよそふ化までの期間の約 1/2 となっているので、産卵日と水温のデータから発眼時期を予想することができる。安全を見て発眼と思われる日から 1 週間程度経過してから行う。掘り返しについては図 6 に示したような箱めがねとホースポンプを用いると便利である。ホースポンプでの採集ができない場合は掘り返して流れる卵をさで網などで受ける方法もある。計数が終われば、卵を元の通りに埋め戻す。埋め戻すには図 7 のようなパイプがあると便利である。死卵が残っていれば発眼率も推定できるが、余り精度は高くないと考えられる。生卵数がわかれば、浮上稚魚数のデータと併せて発眼から浮上までの生残率が推定できる。

1.7 発眼卵放流(埋没)の効果を調べる(→稚魚のトラップ調査を参照)

埋没した発眼卵による資源への添加効果の判定は、発眼からふ化までの生残に比べ、ふ化から浮上までの生残の法が一般に低いため、ふ化の段階よりも浮上後に調査をおこなった方が良い。浮上後の稚魚については先の稚魚トラップ調査の項で示した方法とほぼ同じとなるので、そちらを参照願いたい。

2. 推定方法についての解説

2.1 2 回除去法

平瀬で、隠れ場や障害物の少ない場所では一回の採集でかなりの割合の魚を採集できるがそうでない場合も多い。そこで、2 回同じ採集を繰り返し、その減り具合(1 回目と 2 回目の採集尾数)から生息数を推定する。

$$N = \frac{C1^2}{(C1 - C2)}$$

N: 推定生息数

C1: 1 回目の採集尾数

C2: 2 回目の採集尾数

たとえば 1 回目 55 尾で、2 回目 20 尾採集した場合は

$$N = \frac{55^2}{(55 - 20)} = \frac{3,025}{35} = 86.4 \cong 86$$



産卵床内の卵を採集する方法

- ・両手が使える
- ・視野が広い
- ・装置は単純、軽量→持ち運びが楽
- ・安価で簡単に自作可能
- ・吸い口がやや広いので比重小さいものを吸い込み、砂利などは吸い込みにくい
- ・吸い込んだホースの先を洗濯ネットに差し込んでおくと、吸い込まれた卵は袋の中にたまる。
- ・ただし、ポンプをずっと動かさないと吸い込まない
(落差がないから)
- ・ポンプの代わりにさで網などで流れる卵を受ける方法もある。流れのすこし強いところではその方がよい場合もある。
- ・計数後は特製漏斗(中村・飯田)等を用いて卵を埋め戻す。

図6 デスクマットを利用した箱めがねと熱帯魚用ホースポンプを利用した発眼卵採集用具(岸他2009)とその使い方。



中村・飯田(2009)より

点線部分で切って逆さにして使う



図7発眼卵の計数後埋め戻しに使う塩ビ製パイプ(左)。異径ソケットをつけて、卵を入れやすくしている。発眼卵埋没放流の際にも使用する。工事用のコーンの端を適当に切ったものを(逆にして)使うこともできる(右)。

となって約 86 尾が生息していると推定される

もし、1 回目より 2 回目の採集数が多かった場合は、3 回目の採集を行い、次式を使う

$$N = \frac{C2^2}{(C2-C3)} + C1$$

C3: 3 回目の採集尾数

除去法は一回の調査時に時間を少しあけて繰り返し調査を行えるので完結できる。ただし、1 回目と 2 回目(場合によっては 3 回目も)の採集には少し時間をとって、魚の分布をある程度もとの状態に近づけておく必要がある。

2.2 標識再捕法

生息する魚を捕獲して鰭を切るなどの標識をつけたのちに再放流し、標識魚と未標識魚が十分混じりあう程度の時間を経過した後に、2 回目の捕獲を行い、捕獲魚とその中に含まれている標識魚の数から生息尾数を推定するもので、次式で表される。

$$N = C \frac{M}{m}$$

ここで、N: 生息している魚数(推定値)

M: 1 回目の採集で捕獲され、標識をつけて放流された魚の数

C: 2 回目で捕獲された魚の総数

m: 2 回目で捕獲された魚のうちで標識されていた魚の数

この方法を行うにあたっては、再放流した標識魚と他の魚で釣られやすさに差がないことや、1 回目と 2 回目の調査の間に区間外への出入りがないことが条件となっているので、注意が必要。

3. 調査法の概要と留意点(詳しくは本事業の過年度の報告書などを参照のこと)

3.1 潜水目視での留意点

水中での観察方法についての要領を図 5 に示した。潜水して魚を観察する場合は、陸上からの観察に比べ魚が逃避することなく遊泳するので、普段の生活に近い状態で観察が可能である。しかし、濁りがあつたり余り広い区域では見通せないことがあつたり、稚魚などは底や岸近くに潜んでいることが多いので、見落とすこともある。慣れてくると容易に魚を発見することができ、大きさまで判別することができるようになる。水の中では魚は思ったより大きく見えたり、距離感がつかみにくい。そこで、一定の大きさの魚の模型などをおいて大きさを確認したり、目盛りの付いた棒などを用いて距離感の補正を行う(図 8)。

水中では岩や倒木、枝などの障害となるものも多いので、怪我をしないよう最低でもウェットスーツの着用が必要である。川では流れの早い場所などに流されたり、予期せぬ事故に遭遇する危険も高い。そのため、調査を行う際はなるべく複数で潜ったり、初心者の場合は経験者の指導の下、あまり深くなく、流れの緩やかな場所で経験を積むことから始めるとよい。潜ったことのない人が潜ると水中の魚の姿に目を奪われやみつきになり、す



図8 潜水目視での魚体サイズ、距離感覚の習得。潜水目視は一定以上の推進がある場所ではかなり有効な生息数調査法で、年齢構成(体サイズ)別の生息数を調べるには観察者の体サイズ識別能力(距離感覚)を一定のレベル以上に保持しておく必要がある。水中では屈折率の関係から陸上より大きく見えるので、その補正が必要。そのために潜水目視調査の経験の少ない人、あるいはブランクがあったりするときは目印やマーカ―などを用いて練習することが望ましい。マーカ―となる鉄杭、自作の目盛り付き指示棒(下図)などを利用しても良い。

ぐに調査できるようになります。

3.2 投網かぶせ採集での留意点

なるべく、生息する最小サイズに合わせた目合の投網を選ぶ。投網のサイズは目数(裾回り)、糸の太さ、目合い(網目)の大きさにでいたい決まる。これらが決まればおのずと網丈とくさりの重さなどは決まってくる。通常一人で投げられるような設計となっているので、でいたい 3.5-5kg のものが多い。糸はほとんどナイロン製。既製品でも種類が多いが、網屋さんに頼めば特別仕様のオーダーも可能。

通常の溪流魚の幼稚魚調査では 21 節 1,200 目程度の網を用いているが、小型稚魚を採集する場合は 30 節 2,000 目ぐらいが望ましい。1 歳以上(FL10cm 以上)を採集するのであればもう少し粗い目の網(15,6 節)でも可能。

角張った岩やコンクリート護岸では網が破れることが多いので注意する。落ち葉などが網の中にたまると流れによって網が浮くので、こまめに取り除く。袋部分に穴があいた場合は逃逸が増えて漁獲効率が下がるため、注意し、あいた場合はすぐに補修する。

3.3 標識作業での留意点

標識方法には多くの方法があるが、比較的安価でしかも簡単な方法を掲げると以下のような鰭切除(図 9)とタグ装着法(図 10)になる。

鰭切除は麻酔と剪刀があれば簡単にでき(図 11)、魚のサイズが小さくても施標できる。そのため、標識する人数を増やせば数万尾単位の標識まで容易にできる。ただし、鰭の数には限りがあるので群としての標識しかできない。鰭によって施標が難しかったり、再捕したときに標識を確認しづらい場合があるので尻鰭や背鰭を標識に使うことは比較的少ない。脂鰭はいったん切除すると再生されないが、ほかの鰭は再生する場合がある。

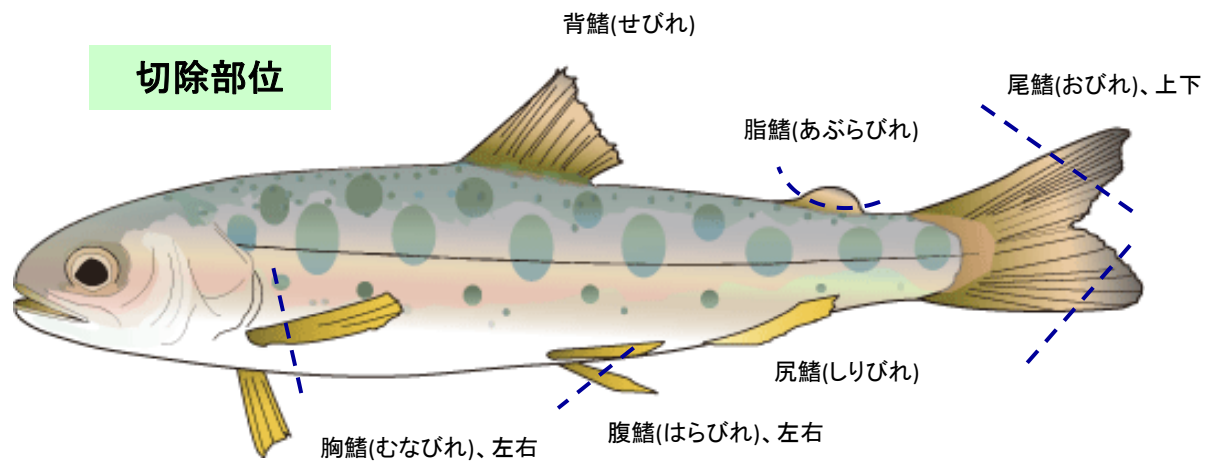
尾鰭は泳ぐために重要なのであまり大きく切らない方がよい。また、上葉(上半分)と下葉(下半分)のいずれかを切除する。

腹鰭と胸鰭はそれぞれ右と左があるので、区別して標識ができる。ただし、切除する際には(確認する際も)右と左をよく確認する必要がある(通常頭を左に置いて手前に見える鰭が左側の鰭)。潜水目視観察で確認する場合は両側を確認しなくてはならなくなるので、そのような場合には尾鰭か脂鰭のほうが望ましい。

また、胸鰭や尾鰭は飼育時の環境(高密度など)により丸くなったり、短くなったりする場合があるので、放流する際や施標する際は確認する(そのまま放流して標識魚との区別がつかなくなる場合も生じる)。そのような場合にはなるべく標識魚として用いない、あるいはそれら鰭を標識として用いないことが望ましい。左右腹鰭、脂鰭、尾鰭上下葉の 5 カ所のうち 1 ないし 2 カ所の標識を行う組み合わせは全部で 14 通りできる(尾鰭の上下葉の同時切除は除く)。

タグガンを用いたタグ標識の装着では通常は背びれの基部にタグをつける(図 10)。背びれ前方への装着は放流後脱落しやすいが、小型幼魚の背びれ後方への装着ではタグの先端を剪刀などで切断し(図 10 右下)、小さくして装着することで長期間(3 年くらい)の残存が可能となった例(イワナ)もある。

タグにマジックなどで番号や記号を記入しておく、と、個体識別も可能。タグも何色かあ



右腹鰭切除魚



左腹鰭切除魚



図9 鰭切除標識法。対鰭は特に左右を間違わないように注意する



図10 タグガンを用いたタグ標識の装着とタグ種類。これらはバノック社製で、針の長さ、タグの大きさ色が何通りもある。番号をつければ個体識別も可能となる。



刃は真っ直ぐと反ったもの、とがったものと丸いものがある。写真(上)は反り刀の鈍先。



図11 鰭切除用ハサミ類と麻酔薬

鰭切除には小型の眼科剪刀(ハサミ)が便利。普通の形状のもの(右列)とバネ式のもの(左列:ウェッケル式)等がある。より小さい稚魚にはウェッケル式が向いている。いずれも価格は5-6,000円程度。麻酔薬として現在魚類に使用が承認されていて、市販されているものはFA100 (販売:DSファーマアニマルヘルス社)のみである。100ml入で約6,000円程度で市販されている。

るので使い分けできる。打ち込む針の長さ、太さやタグのサイズで大型の魚にも装着できるが、装着できる最小サイズは全長 8cm 程度。長期間(たとえば 1 年以上)ではある程度の脱落することもある。

いずれの方法でも標識作業などでは魚が動くと作業がしづらく、剪刀などで怪我をする場合もある。そのため麻酔を施して切除作業を行う(図 11)。麻酔による標識作業ではあらかじめ麻酔水槽と覚醒用の水槽を用意しておく。麻酔の効果は水温や体サイズなどで変わるので、魚の様子を見ながら行う(取扱説明書の内容に従う)。

4. 魚の成長について調べる

魚がどれくらいいるかがわかれば、次はどれくらい成長しているか、あるいは釣り対象となる 15cm 以上に成長しているのかが気にかかる。ここでは魚の成長についての調査方法を簡単に説明します。

魚は陸上動物と違い生まれてから死亡するまで成長し続ける。また、餌不足になってもやせ細ってしまうが、そんなに簡単に死んでしまうわけではない。魚の成長は基本的に時期や場所ごとに採集した魚を用いて、体長、体重などを測定します。体長は目盛りのついた測定板の上で測定する。通常遊漁者の方は全長で魚の大きさを研究機関では尾叉長を測定する。尾叉長の場合は尾鰭の先端が丸くなっていたり、欠けていても問題なく、体軸の中心なので測定板にまっすぐにおけば、容易に体長が読み取れる。さらに、びく調査で遊漁者の漁獲物を測定させてもらう場合に穿孔板(図 12)を用いて短時間で測定できる利点がある。あらかじめ尾叉長と全長の関係を調べて変換式を求めておくとう便利である(図 13)。

生息数が多くなると成長が低下することが予想される。また、成長は河川環境(水温、餌量等)にも影響を受けるので、これらのデータも取っておくのが望ましい(→付帯的な調査参照)。成長を調べるときは河川にいる魚を無作為に(体サイズが偏らないように)採集して測定する。使用漁具や採集方法(漁具の使い方や採集する場所)にも注意を払う。新規加入の小型魚だけ取る方法もある。稚魚の分布は浅くて流れが弱く、草や落ち葉など隠れるものがあり、底質は小砂利のような場所が多い。

5. 安全に調査を行うために

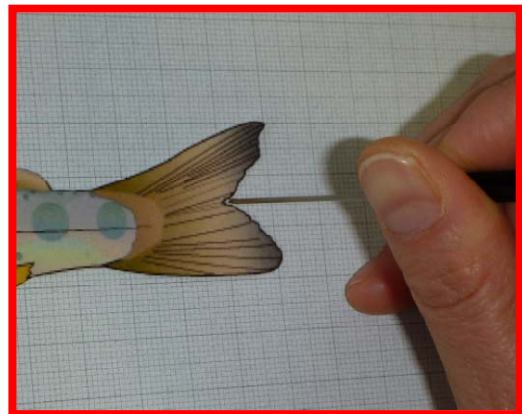
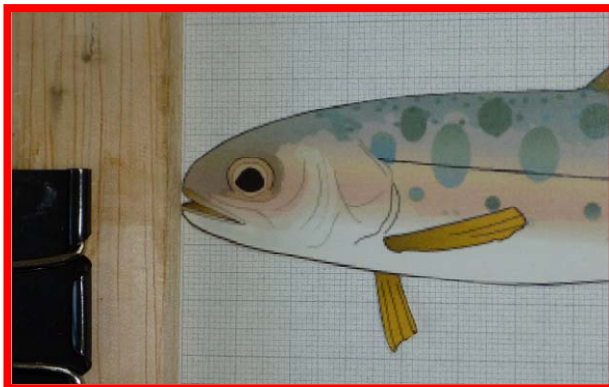
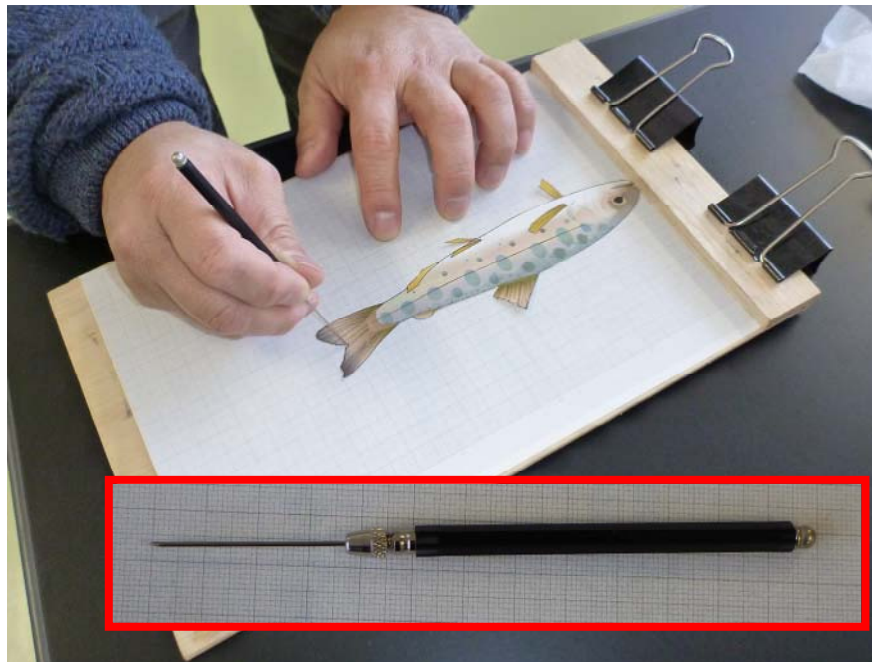
基本的に川で調査を実施する上で多くの危険が存在しており、事故のないように細心の注意を払って行うことは言うまでもありません。長年川とともに暮らしている漁協関係者にとってはもう十分理解されていることと思いますが、しかし、いつもの見慣れた川でさえ、増水の時はその様態を変え、また、濁りや早瀬の流れは足元を掬って思わぬ事故を引き起こすので、調査で川に入る場合には装備、天候、現場の状況、調査員の体調等にも配慮をしましょう。

6. 参考資料一覧

6.1. 一般書籍

川那部浩哉・水野信彦(編・監修) 1989 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚. 720pp. 山と溪谷社.

井田 斉・奥山文弥 2000 サケ・マス魚類のわかる本. 248pp. 山と溪谷社.



使い方(尾又長の測定)

- ・方眼紙(1mm)を耐水紙にコピーして使うが、コピー後に耐水紙の目盛の長さ(距離)を確認する。
- ・使用に際して用紙が真っ直ぐに固定されていることを確認する。
- ・魚を目盛線に沿わせて真っ直ぐ置いて尾鰭のへこみの中心を穿孔(針を刺して穴をあける→体長が記録される)

注意点

- ・同じ場所に穴を開けないようにする(1尾に1つの穴)
- ・穴はなるべく小さくあける
- ・間違って穴をあけないようにする(あけた場合は鉛筆等で×印等をつけて、値を読まないようにする)

図12 穿孔板(せんこうばん)を用いた漁獲物の測定びく調査などで、遊漁者の漁獲物を測定させてもらう場合など、個体別の体長と釣獲尾数の計数が同時に行える。現場で一人で作業ができ、効率的にデータが得られる上、短時間で終わるので遊漁者への負担も少ない。

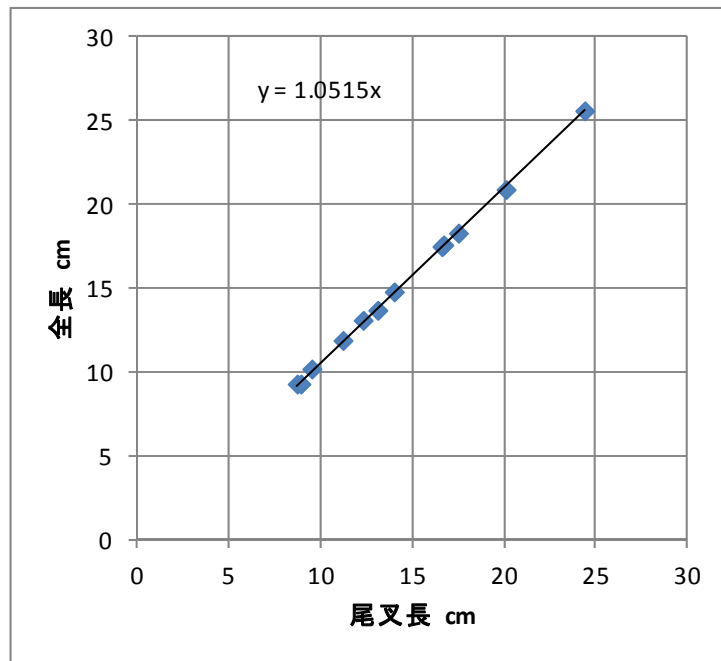


図13 尾叉長を全長に変換する、または全長を尾叉長に変換するなるべくいろいろな大きさの魚の尾叉長(フォーク・レンジス:FL)と全長(トータル・レンジス: TL)を10から20尾測定し、右図のように方眼紙にそれぞれの魚ごとに点を打つ。

目見当でもいいので、点の列になるべく沿った直線を引いて換算用の直線を得る。

魚種が違えば傾きが変わるのでそれぞれ作成する。

また、長期間飼育されていたものは尾鰭が丸くなっていることが多いので、そのような魚はなるべく除いて図を作る。

引いた直線から離れた点が多い場合は測定をやり直してみる。

全長→尾叉長の場合は縦軸の全長を右にたどり、直線に接したところの尾叉長を読み取る。
尾叉長→全長の場合は逆に、横軸の尾叉長を上にとり、直線に接したところの全長の値を読み取る。

- 中村智幸 2008 イワナをもっと増やしたい!. 200pp. フライの雑誌社
- 中村智幸・飯田 遥(編著) 2009 守る増やす溪流魚 水産総合研究センター叢書. 134pp. 農文協.
- 佐藤成史 1998 瀬戸際の溪流魚たち. 284pp. つり人社.
- 東京大学環境安全本部フィールドワーク事故災害対策 WG(編) 2011 大学・研究機関のための野外活動安全衛生管理・事故防止指針 第1版. 122pp. 霞出版社.

6.2. 学術報告

- 長谷川和義 2005 川上流域の河道地形. ながれ 24:15-26
- 広瀬健一郎・丸谷知己 1993 山地河川における階段状河床地形とヤマメ(*Oncorhynchus masou masou*)産卵床の形成位置に関する研究. 九大演報 68:73-84.
- 木村清朗 1972 ヤマメの産卵習性について. 魚類学雑誌 19(2): 111-119.
- 木村吉幸 1987 実験室でできる模擬個体群による動物の個体数推定の実験. —1. 標識再捕法— 生物教育 27(2): 121-127.
- 木村吉幸 1987 実験室でできる模擬個体群による動物の個体数推定の実験. —2. 除去法— 生物教育 27(3,4): 191-196.
- 景平真明・徳光俊二 2003 未生息上流域へのイワメの移殖放流効果. 大分海水研調研報 (4): 71-76.
- 岸 大弼・荻谷哲治・徳原哲也 2009 サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる発眼卵採集方法. 水産技術 1(2): 25-28.
- 久保田仁志・中村智幸・丸山 隆・渡邊精一 2001 小支流におけるイワナ、ヤマメ当歳魚の生息数、移動分散および成長. 日本水産学会誌 67(4): 703-709.
- 丸山 隆 1981 ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* BREVOORT とイワナ *Salvelinus leucomaenis* PALLAS の比較生態学的研究 I. 由良川上谷における産卵床の形状と立地条件. 日本生態学会誌 31: 269-284.
- 丸山 隆・石田力三. 1990. マス類の調査法. 内水面漁場周年利用推進調査報告書. 水産庁, pp. 147-190.
- 水野信彦. 1990. 目視調査法. 内水面漁場周年利用推進調査報告書. 水産庁, pp. 191-202.
- 中村智幸 1999 鬼怒川上流におけるイワナ、ヤマメの産卵床の立地条件の比較. 日本水産学会誌 65(3): 427-433.
- 中村智幸 1999 人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵のふ化. 日本水産学会誌 65(3): 434-440.
- 中村智幸 2001 聞き取り調査によるイワナ在来個体群の生息分布推定. 砂防学会誌 53(5): 3-9.
- 徳原哲也・岸 大弼・原 徹・熊崎 博 2010 河川放流した養殖アマゴ成熟親魚の産卵床立地条件と卵の発眼率. 日本水産学会誌 76(3): 370-374.
- 徳原哲也・岸 大弼・熊崎隆夫・荻谷哲治 2010 成魚放流されたヤマメの釣獲特性. 岐河環研研報 (55): 1-4.

6.3. 洋 書

Gallagher, S.P., P.J.K. Hahn, and D.H. Johnson 2007 Redd Counts. *In* Salmonid Field protocols Handbook: Techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations. (D.H. Johnson, B.M. Shrier, J.S. O'Neal, J.A.Knutzen, X.Augerot, T.A.O'Niel, and T.N. Pearsons eds.). p197-233. American Fisheries Society.

Crawford, B., T.R. Mosey, and D.H. Johnson 2007 Carcass Counts. *In* Salmonid Field Protocols Handbook: Techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations. (D.H. Johnson, B.M. Shrier, J.S. O'Neal, J.A.Knutzen, X.Augerot, T.A.O'Niel, and T.N. Pearsons eds.). p59-85. American Fisheries Society.

上記 2 編は同一のハンドブック[Salmonid Field Protocols Handbook: Techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations.(サケ科魚類の野外調査方法ハンドブック: さけ・ます個体群の状況や傾向を評価するための技術、アメリカ水産学会発行)]のもの。最初の 1 編は産卵床の計数方法、2 番目は産卵後に死んだ魚の計数方法について記載。

S.A. Bonar, W.A. Hubert, D.W. Willis (eds.) 2009 Standard methods for sampling north American freshwater fishes. pp335. American Fisheries Society.

これもアメリカ水産学会発行の書籍で、北アメリカの淡水魚の標準的な採集方法について記載されている。

6.4. その他の参考資料(パンフレット、ウェブページなど)

- ・ 溪流魚の人工産卵河川のつくり方(高原川漁業協同組合、神通川水系砂防事務所。ウェブにて「人工産卵場 高原川」で検索)
- ・ 石徹白川産卵調査報告、石徹白川人工産卵場造成結果(石徹白川漁業協同組合 <http://www.itoshiro.jp/index.html>) . . . 漁協の活動状況を示すウェブサイト
- ・ 溪流魚の人工産卵場のつくり方(水産庁沿岸沖合課、中央水産研究所内水面研究部)
(いずれも人工産卵場の造成方法を詳細に示すとともに、造成した産卵場での親魚がどれくらい産卵したか調査している)
- ・ 国土交通省 2007 平成 18 年度版河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル[河川版](魚類調査編) 95pp. (<http://www3.river.go.jp/system/manual.htm> より PDF ファイルでダウンロード可能)
- ・ 平成 20-22 年度の溪流資源増大技術開発事業報告書 (水産庁)